

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-206732

(43)公開日 平成10年(1998)8月7日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 15/15

G 0 2 B 15/15

13/18

13/18

H 0 4 N 5/232

H 0 4 N 5/232

A

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平9-24555

(22)出願日 平成9年(1997)1月24日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 大竹 基之

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

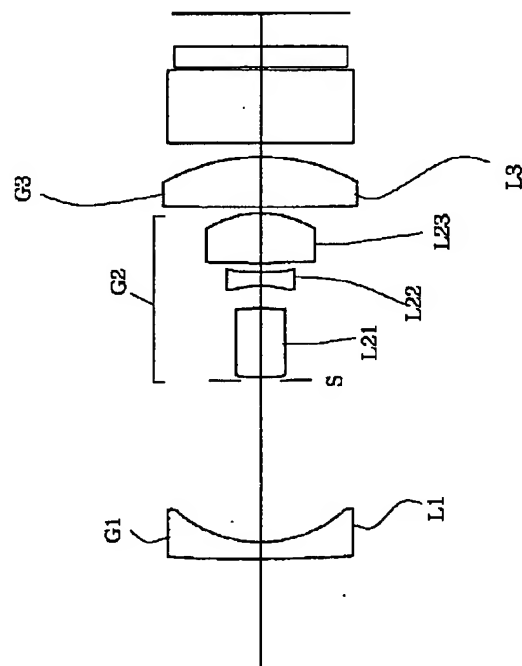
(74)代理人 弁理士 井上 義雄

(54)【発明の名称】 切換式変倍光学系

(57)【要約】

【課題】 切換式変倍光学系であって、小型であり、かつレンズ位置制御が容易に行える。

【解決手段】 物体側より順に、負屈折力の第1レンズ群と、正屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群からなる切換式変倍光学系であって、前記第2レンズ群を光軸方向に沿って所定の2つのレンズ位置に選択的に移動させることにより、像面位置を一定に保ちながら、短焦点距離状態と長焦点距離状態との2つの焦点距離状態の切り換えが可能であり、 $f_3$ を前記第3レンズ群の焦点距離とし、 $f_2$ を前記第2レンズ群の焦点距離としたとき、 $0.5 < f_2 / f_3 < 1.0$ の条件を満足する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、負屈折力の第1レンズ群と、正屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群からなる切換式変倍光学系であって、前記第2レンズ群を光軸方向に沿って所定の2つのレンズ位置に選択的に移動させることにより、像面位置を一定に保ちながら、短焦点距離状態と長焦点距離状態との2つの焦点距離状態の切り換えが可能であり、 $f_3$ を前記第3レンズ群の焦点距離とし、 $f_2$ を前記第2レンズ群の焦点距離としたとき、

$$(1) \quad 0.5 < f_2 / f_3 < 1.0$$

の条件を満足することを特徴とする切換式変倍光学系。

【請求項2】  $f_w$ を前記短焦点距離状態における全系の焦点距離とし、 $f_t$ を前記長焦点距離状態における全系の焦点距離としたとき、

$$(2) \quad 1.1 < f_2 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.7$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の切換式変倍光学系。

【請求項3】 前記第2レンズ群は、正レンズ部分群と前記正レンズ部分群の像側に配置される負レンズ部分群とからなり、開口絞りが前記負レンズ部分群よりも物体側に配置され、

前記負レンズ部分群の最物体側のレンズ面は、物体側に凹面を向けたレンズ面であり、 $D$ を前記開口絞りが前記負レンズ部分群の前記凹面までの光軸に沿った長さとし、 $r$ を前記凹面の曲率半径とし、 $f_{2A}$ を前記正レンズ部分群の焦点距離とし、 $f_{2B}$ を前記負レンズ部分群の焦点距離としたとき、

$$(3) \quad 0.6 < D / |r| < 1.1$$

$$(4) \quad 0.1 < f_2 / (f_{2A} + |f_{2B}|) < 0.6$$

の条件の少なくともいづれか一方を満足することを特徴とする請求項2に記載の切換式変倍光学系。

【請求項4】 前記短焦点距離状態から前記長焦点距離状態へ焦点距離状態が切り換わる際に、前記第2レンズ群が物体側へ移動し、 $\Delta$ を前記第2レンズ群の光軸に沿った移動量とし、 $TL$ を前記第1レンズ群の最物体側のレンズ面から像面位置までの光軸に沿った長さとしたとき、

$$(5) \quad \Delta / TL < 0.3$$

の条件を満足することを特徴とする請求項3に記載の切換式変倍光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、切換え式の変倍光学系に関し、特に光学系を構成するレンズ群のうち、1つのレンズ群のみを光軸方向に沿って駆動することにより、像面位置を一定に保ったまま、焦点距離が切り換え可能な切換式変倍光学系に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、CCD等の固体撮像素子を用いて

画像を記録する光学系では、微細加工技術の進歩に伴うCCDの高集積化により、CCDの撮像面積が小さくなり、光学系の小型化も進んできている。また、従来の記録カメラは、撮影倍率が一定である固定焦点式が主流であった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】CCDカメラ等の光学系の小型化に伴い、光学系を保持する鏡筒も小型化するため、製造時に所定の光学性能を得るには、光学系、鏡筒等に非常に高い加工精度が要求されるという問題点が生じてきた。

【0004】また、CCD等の固体撮像素子を撮像素子に用いる光学系、例えば、電子スチルカメラ用光学系等では、以下に述べる理由によりレンズ系の射出瞳位置が像面から離れていなければならないという光学設計上の制約がある。

【0005】CCDは2次的に配置された受光素子が、受光した光量に応じて発生する電位差を検出することで、光電変換を行い、各受光素子で検出された電位差に基づいて、2次的な画像を形成するものである。しかし、各受光素子の面積が微小であるため、各受光素子に到達する光量が少なく、ノイズの影響を受けやすいという問題がある。このため、受光素子の直前にマイクロレンズアレイを配置することで、各受光素子で検出される光量を増大させている。このマイクロレンズアレイの集光作用により、レンズ系の射出瞳位置がCCDから近い位置にある場合、画面周辺部に到達する光束が受光素子上に達せず、光量不足を引き起こしてしまう。従って、このような光量不足を防止するために、レンズ系の射出瞳位置を受光素子から離す必要がある。

【0006】また、従来の固定焦点式カメラよりも、撮影倍率が可変である変倍光学系では、被写体により近づいた迫力のある撮影を行うことが可能である。特に、切換式変倍光学系では、一般的に(1)光学系の一部のレンズ群を交換・着脱するか、あるいは、(2)光学系に含まれるレンズ群のうち、一部のレンズ群を光軸方向に移動することによって撮影倍率を切り換える方法が知られている。

【0007】(1)の場合、特にレンズを交換する場合には、光軸に垂直な方向にレンズ群を移動させる必要が生じるため、レンズ群を高い位置精度で停止することが困難である。このため、撮像範囲が狭い固体撮像素子を用いる場合、レンズ停止誤差による光学性能の劣化、及び被写体像が本来できるべき位置からのシフト(ずれ)を抑えることができず、所定の光学性能を得ることが困難である。レンズを着脱する方法の場合は、例えばフロントコンバータのように光学系の前方にアフォーカル系を取り付けるが、かかる場合もレンズを高い精度で取り付けることが困難であるので、レンズ交換式の場合と同様に所定の光学性能を得ることが難しい。

【0008】(2)のレンズを移動する切換式変倍光学系は、ズームレンズにおいて、2つの撮影倍率状態、即ち広角端状態と望遠端状態においてのみ、無限遠物体に対する被写体像が一定の位置となるような光学系である。

【0009】ズームレンズとは、複数のレンズ群が光軸方向に移動可能であり、各レンズ群のレンズ位置に関わらず、無限遠物体に対する被写体像が連続してほぼ一定となる光学系をいう。像面位置をほぼ一定に保つために、ズームレンズでは、少なくとも2つ以上の可動レンズ群を有し、1つ以上のレンズ群の移動に伴う像面位置の変動を補償するように他のレンズ群が移動する。従ってズームレンズでは、広角端状態から望遠端状態までの任意のレンズ位置状態において、像面位置をほぼ一定に保つように高いレンズ位置精度が必要である。

【0010】レンズ位置決め精度の観点から見ると、切換式変倍光学系では、ズームレンズと異なり、広角端状態と望遠端状態だけの2つの限られたレンズ位置状態だけでレンズ群が所定の位置に停止すれば良いため、ズームレンズに比べてレンズ位置制御が容易である。

【0011】しかし、ズームレンズは複数の可動レンズ群を有するため、レンズ駆動時に各可動レンズ群同士による相互偏心が発生しやすい。特にCCDを用いた電子スチルカメラのようにレンズ系が小型であるほど、可動レンズ群を駆動する駆動機構も小型化するため、レンズ群の倒れを抑えることが難しいという問題がある。

【0012】このように変倍光学系では、所定の光学性能を確保するには、複数の可動レンズ群を独立、かつ高精度に位置制御しなければならない。

【0013】本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、小型でありながらも、レンズ位置制御が容易に行える切換式変倍光学系を提供することを目的としている。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の切換式変倍光学系は、物体側より順に、負屈折力の第1レンズ群と、正屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群により構成され、前記第2レンズ群を光軸方向に沿って所定の2つのレンズ位置に選択的に移動させることにより、像面位置を一定に保ちながら、短焦点距離状態と長焦点距離状態との2つの焦点距離状態を切り換えることが可能であり、 $f_3$ を前記第3レンズ群の焦点距離とし、 $f_2$ を前記第2レンズ群の焦点距離としたとき、

$$(1) \quad 0.5 < f_2 / f_3 < 1.0$$

の条件を満足することを特徴としている。

【0015】本発明においては、物体側より順に、負屈折力を有する第1レンズ群、正屈折力を有する第2レンズ群、正屈折力を有する第3レンズ群を配置して、第2レンズ群の位置を光軸方向に切り換えることにより、像

面位置の変化を生ずることなく、焦点距離を変化させることにより、小型でありながら、且つレンズ位置制御が容易に行える切換式変倍光学系を達成することができる。

【0016】第2レンズ群の焦点距離が正側に小さいと、レンズ全長の短縮化を図ることはできるが、射出瞳位置が像面位置に近づいてしまい、前述のように電子スチルカメラでは望ましいものではない。このため、第2レンズ群の焦点距離を大きくし、且つ短焦点距離状態における射出瞳位置を像面位置から離すために、第3レンズ群の焦点距離を正側に小さくする必要がある。

【0017】従って、本発明においては、以下の条件式(1)

$$(1) \quad 0.5 < f_2 / f_3 < 1.0$$

を満足することが望ましい。ここで、 $f_3$ は前記第3レンズ群の焦点距離、 $f_2$ は前記第2レンズ群の焦点距離である。

【0018】条件式(1)は、第2レンズ群と第3レンズ群の適切な焦点距離比を規定している。条件式(1)の上限値を上回ると、第2レンズ群による光束の収斂作用が弱まるため、レンズ全長を十分に短縮することができない。逆に、条件式(1)の下限値を下回ると、第3レンズ群による光束の収斂作用が弱まってしまうため、短焦点距離状態における射出瞳位置が像面に近づきすぎて、マイクロレンズアレイによる光束のケラレが大きく発生してい、受光面で十分な光量を得ることができない。

【0019】また、本発明においては、高い光学性能を維持しながら、レンズ全長を短縮するために、以下の条件式(2)

$$(2) \quad 1.1 < f_2 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.7$$

を満足することが望ましい。ここで、 $f_w$ は短焦点距離状態における全系の焦点距離、 $f_t$ は前記長焦点距離状態における全系の焦点距離である。

【0020】式(2)の上限値を上回ると、第2レンズ群の移動量が大きくなるため、第1レンズ群と第3レンズ群との間隔を十分に広げる必要が生じ、レンズ全長が長くなってしまい、短縮化が充分図れない。逆に、下限値を下回ると、第2レンズ群の移動量が少なくなりレンズ全長の短縮化は達成することができる。しかし、第2レンズ群の焦点距離が小さくなるため、第2レンズ群において発生するコマ収差を良好に補正することができず、短焦点距離状態における画面周辺部の光学性能が著しく劣化してしまう。

【0021】また、本発明においては、小型化を図り、且つ射出瞳位置を適切な位置とするために、以下の条件式(3)

$$(3) \quad 0.6 < D / |r| < 1.1$$

を満足することが望ましい。ここで、 $D$ は前記開口絞りから前記負レンズ部分群の前記凹面までの光軸に沿った長

さ、 $r$ は前記凹面の曲率半径である。

【0022】条件式(3)の上限値を上回った場合、レンズ全長が長くなり、系全体が大型化してしまう。逆に下限値を下回った場合、主光線が光軸に近づくように進むので、長焦点距離状態における射出瞳位置が像面に近づきすぎてしまい好ましくない。

【0023】また、本発明においては、短焦点距離状態における光学性能を高めるために、以下の条件式(4)

(4)  $0.1 < f2 / (f2A + |f2B|) < 0.6$  を満足することが望ましい。ここで、 $f2A$ は第2レンズ群の正レンズ部分群の焦点距離、 $f2B$ は第2レンズ群の負レンズ部分群の焦点距離である。

【0024】条件式(4)の上限値を上回った場合、第2レンズ群を通過する軸外光束が光軸に近づくので、軸上収差と軸外収差とを独立に補正ができなくなる。逆に、下限値を下回った場合、第2レンズ群の主点位置が像側に移動するので、レンズ全長が大型化してしまい好ましくない。

【0025】また、本発明においては、第2レンズ群をより容易に制御するために、以下の条件式(5)

(5)  $\Delta / TL < 0.3$

を満足することが望ましい。ここで $TL$ は第1レンズ群の最物体側のレンズ面から像面位置までの光軸に沿った長さである。

【0026】条件式(5)の上限値を上回った場合、移動量が大きくなるため、レンズ位置制御が難しくなり望ましいものではない。

【0027】また、本発明では、開口絞りを第2レンズ群中かあるいは、第2レンズ群の物体側に配置することが望ましい。前述の通り、CCD等の固体撮像素子を用いて画像を記録する光学系では、射出瞳位置が像面位置に近いと光束がマイクロレンズアレイによってケラレてしまうという問題が生ずる。開口絞りを、変倍によってレンズ位置状態が変化する際に、固定して位置が変わらない第3レンズ群に配置すると、レンズ位置状態の変化に伴う射出瞳位置の変動はないが、レンズ全長の大型化を招いてしまう。そのため、本発明においては、第2レンズ群中か、あるいは物体側に開口絞りを配置することにより、射出瞳位置の変化を抑えながら、レンズ全長の小型化が可能である。

【0028】また、本発明では、レンズ全長を効率的に短縮するために、第2レンズ群を正レンズ部分群とその像側に配置される負レンズ部分群で構成し、第2レンズ群の主点位置を物体側に移動させている。

【0029】さらに、本発明においては、各レンズ群を少ない構成枚数で構成しているが、レンズ枚数を増やすことにより、高変倍化やあるいは高性能化を図るのは容易であり、あるいは非球面の面数を増やすことにより、高変倍化・高性能化を図れるのはいうまでもない。

【0030】特に、開口絞りから離れた位置に配置され

ている第1レンズ群や第3レンズ群に非球面を導入することにより、画角によるコマ収差の変動を良好に補正することが可能であり、あるいは、開口絞りに近い位置に配置される第2レンズ群中の正レンズ部分群かあるいは負レンズ部分群に非球面を導入することで、大口径化を図ることも可能である。加えて、プラスチック素材を用いたレンズを用いることで、軽量化やさらなる低コスト化の達成が可能である。

【0031】ところで、レンズ系のうち1つのレンズ群を光軸方向に駆動した場合、像面位置が光軸方向に移動して、焦点距離もそれに従い変化する。前述したように、一般的に、1つのレンズ群の移動に伴う像面位置の変動を抑えるように、少なくとも1つの別のレンズ群を光軸方向に移動させる光学系がズームレンズと呼ばれる。本発明においてはズームレンズに限らず、像面位置が光軸方向に若干変動しても(バリフォーカルズームレンズと呼ばれる)、例えば、撮像素子であるCCDを光軸方向に駆動させる、あるいは、フォーカス群を光軸方向に駆動させることにより、レンズ系の像面位置を撮像素子と合わせることも可能であり、変倍光学系であれば適用可能である。

【0032】さらに、本発明においては、撮影を行う際に、高変倍ズームレンズで発生し易い手ブレ等が原因の像ブレによる撮影の失敗を防ぐために、ブレを検出するブレ検出系と駆動手段とをレンズ系に組み合わせることも可能である。レンズ系を構成するレンズ群のうち、1つのレンズ群の全体か、あるいはその一部を偏心レンズ群として偏心可能とし、ブレをブレ検出系により検出し、検出されたブレを補正するように駆動手段により偏心レンズ群を偏心させる。これにより、像をシフトさせて、像ブレを補正することで防振光学系とすることが可能である。

【0033】

【発明の実施の形態】以下に、本発明による各実施例について説明する。

【0034】図1は、本発明の各実施例による切替式変倍光学系の屈折力配分を示しており、物体側より順に、負屈折力の第1レンズ群G1、正屈折力の第2レンズ群G2、正屈折力の第3レンズ群G3により構成され、短焦点距離状態W(焦点距離が短いレンズ位置状態)と長焦点距離状態T(焦点距離が長いレンズ位置状態)でレンズ位置状態が切り替わる時に、第2レンズ群G2だけが光軸方向に第1レンズ群G1の方向へ移動する。

【0035】各実施例における非球面は、光軸に垂直な方向の高さを $y$ 、高さ $y$ における光軸方向の変位量(各非球面の頂点の接平面からの光軸に沿った距離:サグ量)を $x$ ( $y=0$ であるとき、 $x=0$ とする)としたとき以下の式で表される。

【0036】

【数1】  $x = cy / \{1 + (1 - \kappa c^2 y^2)^{1/2}\} + C$

$$4y^4 + C6y^6 + C8y^8 + C10y^{10}$$

ここで、 $c$ は近軸曲率、 $\kappa$ は円錐定数、 $C4$ 乃至 $C10$ は非球面係数である。

〔第1実施例〕図2は、本発明の第1実施例によるレンズ構成図を示しており、それぞれ物体側より順に、第1レンズ群 $G1$ は像側に凹面を向けた負レンズ $L1$ で構成され、第2レンズ群 $G2$ は物体側より順に、両凸レンズ $L21$ 、両凹レンズ $L22$ 、像側に凸面を向けた正レンズ $L23$ で構成され、第3レンズ群 $G3$ は像側に凸面を向けた正レンズ $L3$ で構成されている。

【0037】開口絞り $S$ は第1レンズ群 $G1$ と第2レン

$f$	4.08	7.85		
$FNO$	4.45	5.90		
$2\omega$	64.32	35.25		
$y_{max}$	2.40			
面番号	曲率半径 $R$	面間隔 $D$	屈折率 $n$	アッペ数 $\nu$
1	68.4465	0.60	1.48914	70.44
2	4.4961	(D2)	1.0	
3	0.0000	0.10	1.0	(開口絞り)
4	5.2284	2.50	1.83962	42.98
5	-7.3964	0.80	1.0	
6	-4.0896	0.50	1.85504	23.83
7	7.5750	0.35	1.0	
8	80.1534	1.80	1.51642	63.10
9	-3.3333	(D9)	1.0	
10	137.4384	1.80	1.69980	55.46
11	-7.0940	0.50	1.0	
12	0.0000	2.62	1.46007	67.72 (ローパス・フィルター)
13	0.0000	0.10	1.0	
14	0.0000	0.74	1.51872	64.20 (保護ガラス)
15	0.0000	(BF)	1.0	

【0040】第9面は非球面であり、非球面形状を示す非球面係数は以下の通りである。

〔第9面〕 $\kappa = -2.0373$

$$C4 = -7.8630 \times 10^{-3}$$

$$C6 = +4.6410 \times 10^{-4}$$

$$C8 = 0$$

$$C10 = 0$$

可変間隔の値と条件式対応値を以下の表2に掲げる。

【0041】

【表2】可変間隔表

$f$	4.078	7.850
$D2$	5.865	1.024
$D9$	0.225	5.066
$BF$	1.200	1.200

条件式対応値

$$f2 = +7.260$$

$$f3 = +9.689$$

$$f2A = 4.011$$

ズ群 $G2$ との間に配置され、第2レンズ群 $G2$ が広角端状態では第3レンズ群 $G3$ 寄りに、望遠端状態では第1レンズ群 $G1$ 寄りに位置する。

【0038】以下の表1に、本発明における第1実施例の諸元の値を掲げる。実施例の諸元表中の $f$ は焦点距離、 $FNO$ はFナンバー、 $2\omega$ は画角を表し、 $y_{max}$ は最大像高を示し、屈折率は $e$ 線( $\lambda = 546.1 \text{ nm}$ )に対する値である。

【0039】

【表1】

$$f2B = -12.450$$

$$(1) f2/f3 = 0.749$$

$$(2) f2/(f_w \cdot f_t)^{1/2} = 1.283$$

$$(3) D/|r| = 0.831$$

$$(4) f2/(f2A + |f2B|) = 0.441$$

$$(5) \Delta/TL = 0.246$$

【0042】図3乃至図4は本発明の第1実施例の諸収差図を示し、図3は広角端状態における諸収差図(無限遠合焦状態)を示し、図4は望遠端状態における諸収差図を示す。

【0043】図3乃至図4の各収差図において、球面収差図中の実線は球面収差、点線は正弦条件(サイン・コンディション)、 $y$ は像高を表している。非点収差図中の実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示している。コマ収差図は、像高 $y = 0, 0.6, 1.2, 1.8, 2.4$ でのコマ収差を表している。各収差図から明らかなように、本実施例は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有している。

【0044】(第2実施例)図5は、本発明の第2実施例によるレンズ構成図を示しており、それぞれ物体側より順に、第1レンズ群G1は像側に凹面を向けた負レンズL1で構成され、第2レンズ群G2は物体側より順に、両凸レンズL21、両凹レンズL22、像側に凸面を向けた正レンズL23で構成され、第3レンズ群G3は像側に凸面を向けた正レンズL3で構成されている。

【0045】開口絞りSは第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配置され、第2レンズ群G2が広角端

状態では第3レンズ群G3寄りに、望遠端状態では第1レンズ群G1寄りに位置する。

【0046】以下の表3に、本発明における第2実施例の諸元の値を掲げる。実施例の諸元表中のfは焦点距離、FNOはFナンバー、 $2\omega$ は画角を表し、 $y_{max}$ は最大像高を示し、屈折率はe線( $\lambda=546.1\text{nm}$ )に対する値である。

【0047】

【表3】

f	4.09	7.85		
FNO	4.39	5.89		
$2\omega$	64.17	34.65°		
$y_{max}$	2.40			
面番号	曲率半径 R	面間隔 D	屈折率 n	アッペ数 レ
1	69.5995	0.60	1.48914	70.44
2	4.6281	(D2)	1.0	
3	0.0000	0.10	1.0	(開口絞り)
4	5.4977	2.50	1.83962	42.98
5	-8.5401	1.15	1.0	
6	-4.0000	0.50	1.85504	23.83
7	8.5311	0.35	1.0	
8	-71.6953	1.80	1.51642	63.10
9	-3.3333	(D9)	1.0	
10	26.3267	1.80	1.69980	55.48
11	-9.0625	0.50	1.0	
12	0.0000	2.62	1.46070	67.72 (ローパス・フィルター)
13	0.0000	0.10	1.0	
14	0.0000	0.74	1.51872	64.20 (保護ガラス)
15	0.0000	(BF)	1.0	

【0048】第9面は非球面であり、非球面形状を示す非球面係数は以下の通りである。

(第9面)  $\kappa=-2.2021$

$C4=-8.4983\times 10^{-3}$

$C6=+3.7971\times 10^{-4}$

$C8=0$

$C10=0$

可変間隔の値と条件式対応値を以下の表4に掲げる。

【0049】

【表4】可変間隔表

f	4.091	7.852
D2	7.495	2.229
D9	0.245	5.511
BF	1.195	1.195

条件式対応値

$f2=+7.936$

$f3=+9.840$

$f2A=4.336$

$f2B=-11.542$

(1)  $f2/f3=0.807$

(2)  $f2/(f_w\cdot f_t)^{1/2}=1.400$

(3)  $D/|r|=0.938$

(4)  $f2/(f2A+|f2B|)=0.500$

(5)  $\Delta/TL=0.243$

【0050】図6乃至図7は本発明の第2実施例の諸収差図を示し、図6は広角端状態における諸収差図(無限遠合焦状態)を示し、図7は望遠端状態における諸収差図を示す。

【0051】図6乃至図7の各収差図において、球面収差図中の実線は球面収差、点線は正弦条件(サイン・コンディション)を示し、yは像高を示し、非点収差図中の実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示す。

【0052】コマ収差図は、像高 $y=0, 0.6, 1.2, 1.8, 2.4$ でのコマ収差を表す。各収差図から、本実施例は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることは明らかである。

【0053】(第3実施例)図8は、本発明の第3実施例によるレンズ構成図を示しており、それぞれ物体側より順に、第1レンズ群G1は像側に凹面を向けた負レン

ズL1で構成され、第2レンズ群G2は物体側より順に、両凸レンズL21、両凹レンズL22、像側に凸面を向けた正レンズL23で構成され、第3レンズ群G3は像側に凸面を向けた正レンズL3で構成される。

【0054】開口絞りSは第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配置され、第2レンズ群G2が広角端状態では第3レンズ群G3寄りに、望遠端状態では第1

レンズ群G1寄りに位置する。以下の表5に、本発明における第3実施例の諸元の値を掲げる。実施例の諸元表中のfは焦点距離、FNOはFナンバー、 $2\omega$ は画角を表し、 $y_{max}$ は最大像高を示し、屈折率はe線( $\lambda=546.1\text{nm}$ )に対する値である。

【0055】

【表5】

f	3.58	6.85		
FNO	4.63	5.93		
$2\omega$	71.36	38.87		
$y_{max}$	2.40			
面番号	曲率半径 R	面間隔 D	屈折率 n	アッペ数 レ
1	25.8159	0.60	1.48914	70.44
2	3.4106	(D2)	1.0	
3	0.0000	0.10	1.0	(開口絞り)
4	8.7714	2.15	1.83962	42.98
5	-6.6016	1.95	1.0	
6	-5.4245	0.50	1.85504	23.83
7	6.9631	0.35	1.0	
8	-24.6934	1.90	1.65426	58.44
9	-3.3333	(D9)	1.0	
10	0.0000	1.75	1.73234	54.67
11	-7.6736	0.50	1.0	
12	0.0000	2.62	1.46070	67.72 (ローパス・フィルター)
13	0.0000	0.10	1.0	
14	0.0000	0.74	1.51872	64.20 (保護ガラス)
15	0.0000	(BF)	1.0	

【0056】第9面は非球面であり、非球面形状を示す非球面係数は以下の通りである。

(第9面)  $\kappa=-1.0325$

$C4=-4.6478\times 10^{-3}$

$C6=-1.9113\times 10^{-4}$

$C8=0$

$C10=0$

可変間隔の値と条件式対応値を以下の表6に掲げる。

【0057】

【表6】可変間隔表

f	3.577	6.850
D2	6.995	2.060
D9	0.245	5.180
BF	1.200	1.200

条件式対応値

$f2=+7.463$

$f3=+10.483$

$f2A=4.792$

$f2B=-48.894$

(1)  $f2/f3=0.712$

(2)  $f2/(f2\cdot f3)^{1/2}=1.508$

(3)  $D/|r1|=0.774$

(4)  $f2/(f2A+|f2B|)=0.139$

(5)  $\Delta/TL=0.227$

【0058】図9乃至図10は本発明の第3実施例の諸収差図を示し、図9は広角端状態における諸収差図(無限遠合焦状態)を示し、図10は望遠端状態における諸収差図を示す。

【0059】図9乃至図10の各収差図において、球面収差図中の実線は球面収差、点線は正弦条件(サイン・コンディション)を示し、 $y$ は像高を示し、非点収差図中の実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示す。コマ収差図は、像高 $y=0, 0.6, 1.2, 1.8, 2.4$ でのコマ収差を表す。各収差図から、本実施例は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることは明らかである。

【0060】(第4実施例)図11は、本発明の第4実施例によるレンズ構成図を示しており、それぞれ物体側より順に、第1レンズ群G1は像側に凹面を向けた負レンズL1で構成され、第2レンズ群G2は物体側より順に、両凸レンズL21、両凹レンズL22、像側に凸面を向けた正レンズL23で構成され、第3レンズ群G3は像側に凸面を向けた正レンズL3で構成される。

【0061】開口絞りSは第1レンズ群G1と第2レン

ズ群G2との間に配置され、第2レンズ群G2が広角端状態では第3レンズ群G3寄りに、望遠端状態では第1レンズ群G1寄りに位置している。

【0062】以下の表7に、本発明における第4実施例の諸元の値を掲げる。実施例の諸元表中のfは焦点距

f	4.45	8.80		
FNO	4.29	5.90		
2 $\omega$	59.95	31.23'		
y <sub>max</sub>	2.40			
面番号	曲率半径 R	面間隔 D	屈折率 n	アッペ数 レ
1	-61.9262	0.60	1.48914	70.45
2	6.2371	(D2)	1.0	
3	0.0000	0.10	1.0	(開口絞り)
4	4.9457	2.25	1.83962	42.98
5	-13.7385	1.35	1.0	
6	-4.0000	0.50	1.85504	23.83
7	7.4544	0.35	1.0	
8	753.8723	1.90	1.65426	58.44
9	-4.0620	(D9)	1.0	
10	24.5850	1.85	1.73234	54.67
11	-9.4885	0.50	1.0	
12	0.0000	2.62	1.46070	67.72 (ローパス・フィルター)
13	0.0000	0.10	1.0	
14	0.0000	0.74	1.51872	64.20 (保護ガラス)
15	0.0000	(BF)	1.0	

【0064】第9面は非球面であり、非球面形状を示す非球面係数は以下の通りである。

(第9面)  $\kappa = -2.9288$

$C4 = -6.2219 \times 10^{-3}$

$C6 = +3.0556 \times 10^{-4}$

$C8 = 0$

$C10 = 0$

可変間隔の値と条件式対応値を以下の表8に掲げる。

【0065】

【表8】可変間隔表

f	4.447	8.800
D2	7.530	1.747
D9	0.210	5.993
BF	1.200	1.200

条件式対応値

$f2 = +8.311$

$f3 = +9.568$

$f2A = 4.583$

$f2B = -11.592$

(1)  $f2/f3 = 0.869$

(2)  $f2/(f2A + |f2B|)^{1/2} = 1.329$

(3)  $D/|r1| = 0.925$

(4)  $f2/(f2A + |f2B|) = 0.514$

(5)  $\Delta/TL = 0.266$

離、FNOはFナンバー、 $2\omega$ は画角を表し、 $y_{max}$ は最大像高を示し、屈折率はe線( $\lambda = 546.1 \text{ nm}$ )に対する値である。

【0063】

【表7】

【0066】図12乃至図13は本発明の第4実施例の諸収差図を示し、図12は広角端状態における諸収差図(無限遠合焦状態)を示し、図13は望遠端状態における諸収差図を示す。

【0067】図12乃至図13の各収差図において、球面収差図中の実線は球面収差、点線は正弦条件(サイン・コンディション)を示し、 $y$ は像高を示し、非点収差図中の実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示す。コマ収差図は、像高 $y = 0, 0.6, 1.2, 1.8, 2.4$ でのコマ収差を表す。

【0068】各収差図から、本実施例は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることは明らかである。

【0069】(第5実施例)図14は、本発明の第5実施例によるレンズ構成図を示しており、それぞれ物体側より順に、第1レンズ群G1は像側に凹面を向けた負レンズL1で構成され、第2レンズ群G2は物体側より順に、両凸レンズL21、両凹レンズL22、像側に凸面を向けた正レンズL23で構成され、第3レンズ群G3は像側に凸面を向けた正レンズL3で構成される。

【0070】開口絞りSは第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配置され、第2レンズ群G2が広角端状態では第3レンズ群G3寄りに、望遠端状態では第1レンズ群G1寄りに位置する。



【0071】以下の表9に、本発明における第5実施例の諸元の値を掲げる。実施例の諸元表中のfは焦点距離、FNOはFナンバー、 $2\omega$ は画角を表し、 $y_{max}$ は最大像高を示し、屈折率はe線( $\lambda=546.1\text{nm}$ )

m)に対する値である。

【0072】

【表9】

f	4.04	7.85		
FNO	4.50	5.91		
$2\omega$	64.90	34.52'		
$y_{max}$	2.40			
面番号	曲率半径 R	面間隔 D	屈折率 n	アッペ数 $\nu$
1	0.0000	0.60	1.48914	70.45
2	4.7618	(D2)	1.0	
3	0.0000	0.10	1.0	(開口絞り)
4	4.7596	1.60	1.81995	37.03
5	-10.5655	1.15	1.0	
6	-4.0000	0.50	1.85504	23.83
7	4.8555	0.30	1.0	
8	47.4385	1.85	1.69660	53.31
9	-3.3333	(D9)	1.0	
10	0.0000	1.70	1.69980	55.48
11	-7.6643	0.50	1.0	
12	0.0000	2.62	1.46070	67.72 (ローパス・フィルター)
13	0.0000	0.10	1.0	
14	0.0000	0.74	1.51872	64.20 (保護ガラス)
15	0.0000	(BF)	1.0	

【0073】第4面と第9面は非球面であり、非球面形状を示す非球面係数は以下の通りである。

(第4面)  $\kappa=+3.1947$

$C4=0$

$C6=0$

$C8=-1.3201 \times 10^{-2}$

$C10=+1.2906 \times 10^{-2}$

(第9面)  $\kappa=-1.7111$

$C4=-7.7873 \times 10^{-3}$

$C6=-2.4413 \times 10^{-4}$

$C8=0$

$C10=0$

可変間隔の値と条件式対応値を以下の表10に掲げる。

【0074】

【表10】可変間隔表

f	4.044	7.852
D2	6.060	1.000
D9	0.200	5.260
BF	1.200	1.200

条件式対応値

$f2=+7.487$

$f3=+10.952$

$f2A=4.199$

$f2B=-20.243$

(1)  $f2/f3=0.684$

(2)  $f2/(f_w \cdot f_t)^{1/2}=1.329$

(3)  $D/|r1|=0.738$

(4)  $f2/(f2A+|f2B|)=0.306$

(5)  $\Delta/TL=0.253$

【0075】図15乃至図16は本発明の第5実施例の諸収差図を示し、図15は広角端状態における諸収差図(無限遠合焦状態)を示し、図16は望遠端状態における諸収差図を示す。

【0076】図15乃至図16の各収差図において、球面収差図中の実線は球面収差、点線は正弦条件(サイン・コンディション)を示し、 $y$ は像高を示し、非点収差図中の実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面を示す。コマ収差図は、像高 $y=0, 0.6, 1.2, 1.8, 2.4$ でのコマ収差を表す。各収差図から、本実施例は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることは明らかである。

【0077】

【発明の効果】本発明によれば、小型で且つレンズ位置制御が容易に行える切替式の変倍光学系を達成する事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による変倍光学系の屈折力配置を示す図である。

【図2】第1実施例のレンズ構成を示す図である。

【図3】第1実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の

収差図である。

【図4】第1実施例の望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図5】第2実施例のレンズ構成を示す図である。

【図6】第2実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図7】第2実施例の望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図8】第3実施例のレンズ構成を示す図である。

【図9】第3実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図10】第3実施例の望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図11】第4実施例のレンズ構成を示す図である。

【図12】第4実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図13】第4実施例の望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図14】第5実施例のレンズ構成を示す図である。

【図15】第5実施例の広角端状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【図16】第5実施例の望遠端状態での無限遠合焦状態の収差図である。

【符号の説明】

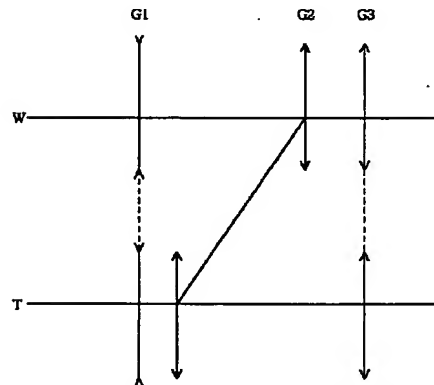
G1 第1レンズ群

G2 第2レンズ群

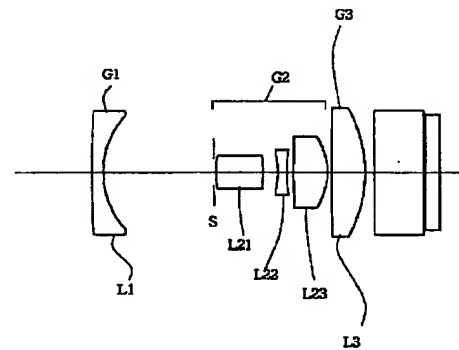
G3 第3レンズ群

G4 第4レンズ群

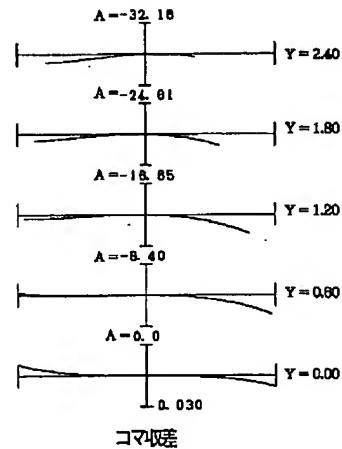
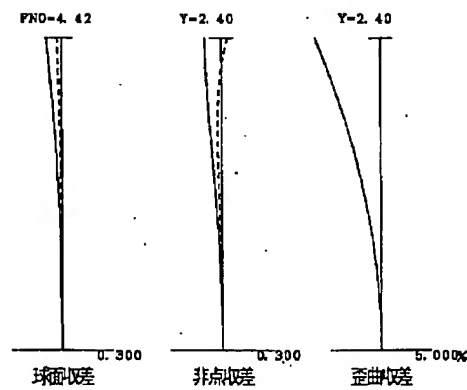
【図1】



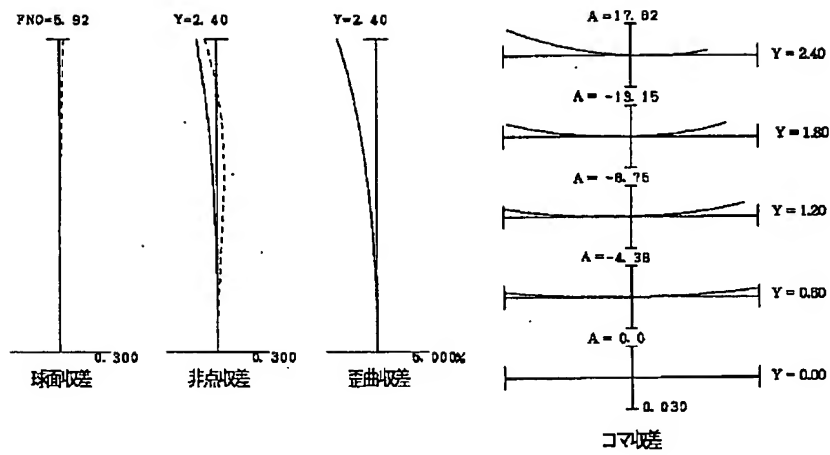
【図2】



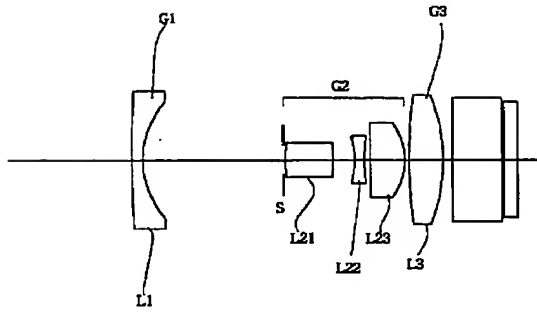
【図3】



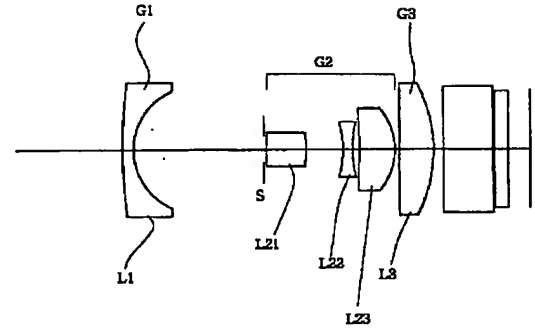
【図4】



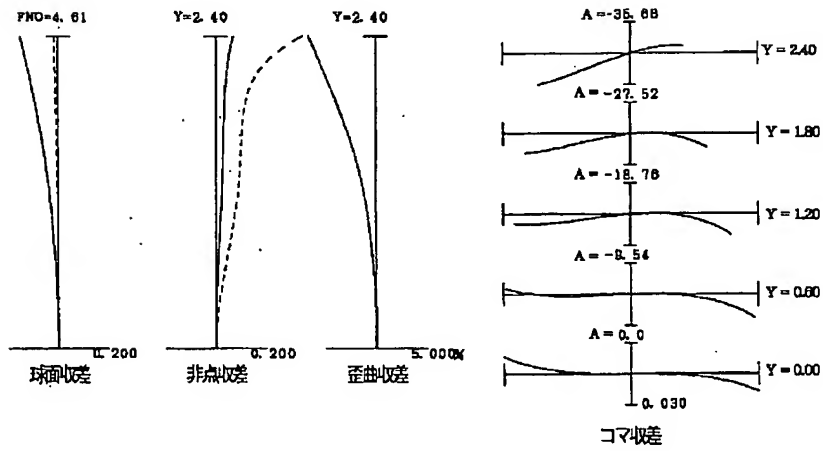
【図5】



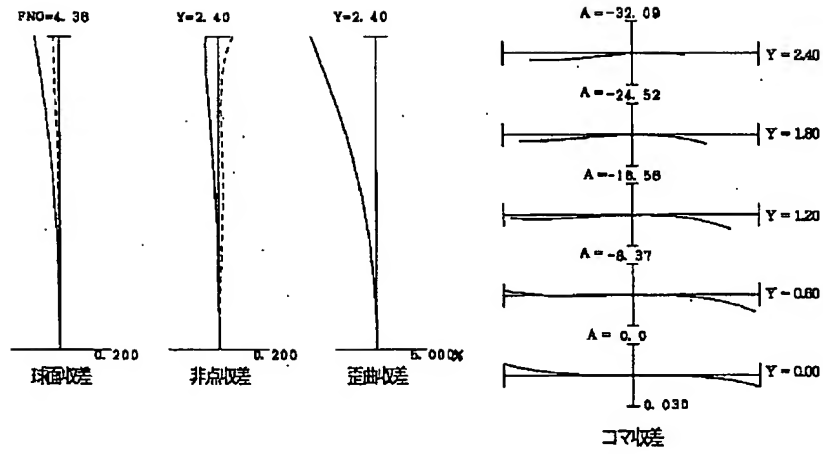
【図8】



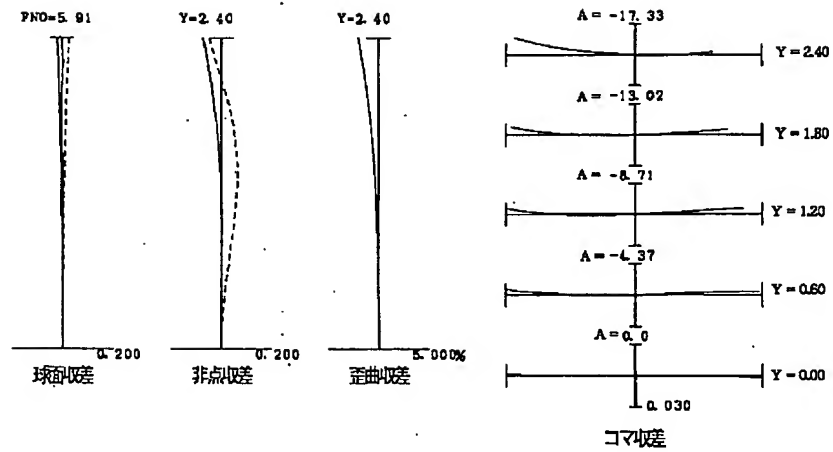
【図9】



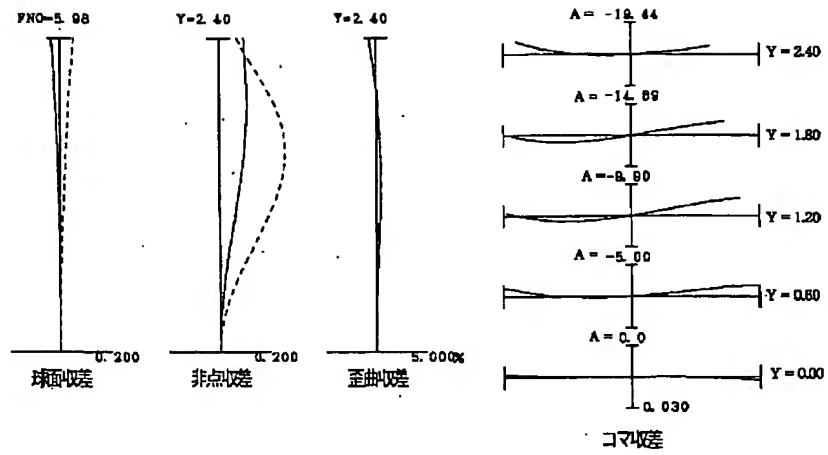
【図6】



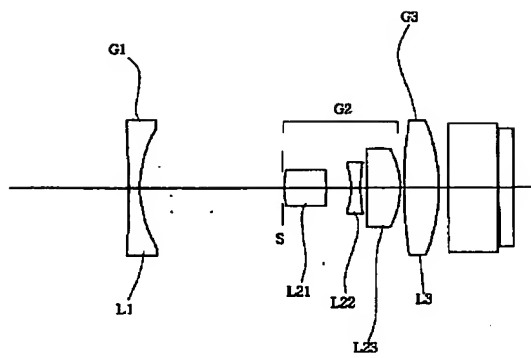
【図7】



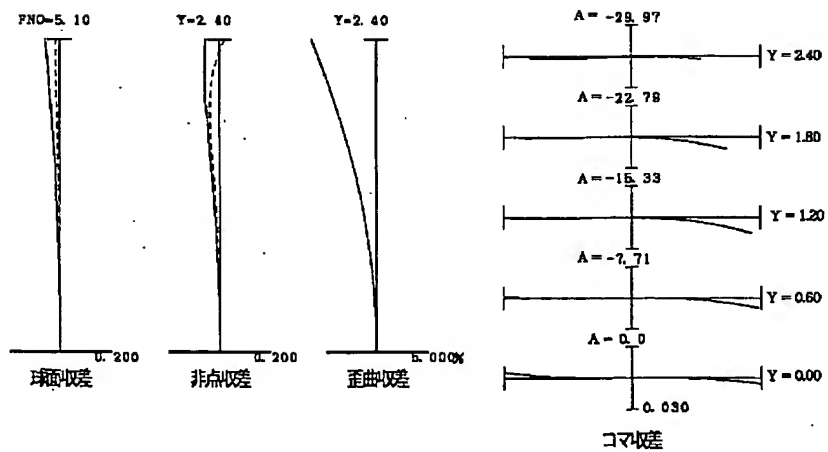
【図10】



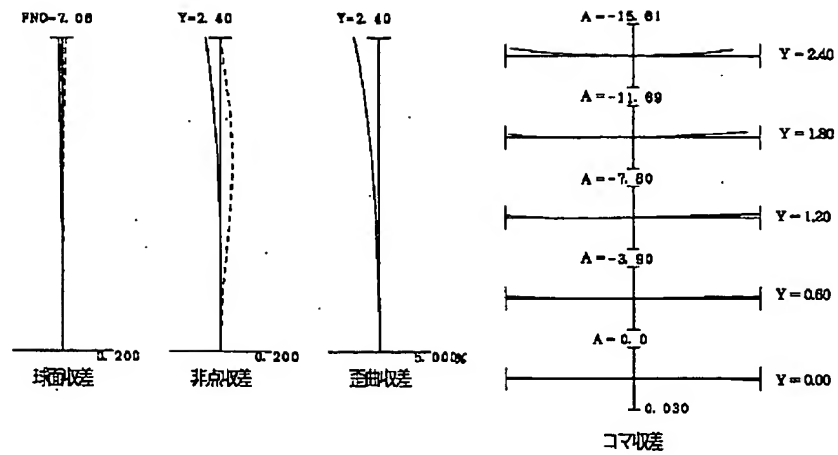
【図11】



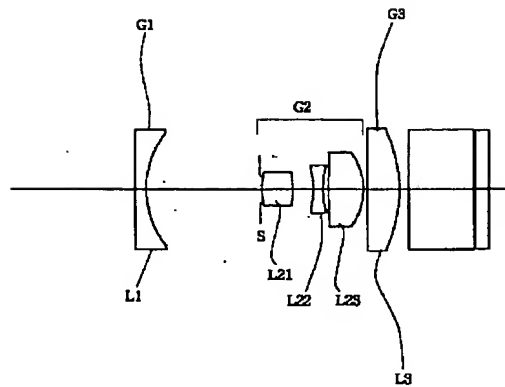
【図12】



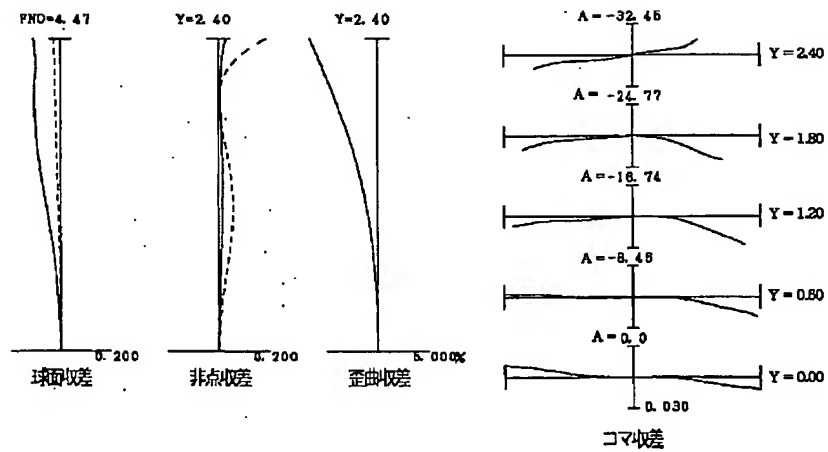
【図13】



【図14】



【図15】



【図16】

